



**TUGAS AKHIR - TJ 141502**

**SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN  
PETA DIGITAL BERBASIS SENSOR KARBON MONOKSIDA  
BERGERAK**

**Nadhira Fidelia  
NRP 2913 100 039**

**Dosen Pembimbing  
Arief Kurniawan, ST., MT.  
Muhtadin, ST., MSc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

[Halaman ini sengaja dikosongkan].



**FINAL PROJECT - TJ 141502**

**PORTABLE CARBON MONOXIDE SENSOR BASED AIR  
QUALITY MONITORING SYSTEM USING DIGITAL MAP**

**Nadhira Fidelia  
NRP 2913 100 039**

**Advisor  
Arief Kurniawan, ST., MT.  
Muhtadin, ST., MSc.**

**Departement of Computer Engineering  
Faculty of Electrical Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017**

[Halaman ini sengaja dikosongkan].

# **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Sistem Pemantuan Kualitas Udara Menggunakan Peta Digital Berbasis Sensor Karbon Monoksida Bergerak” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2017

Nadhira Fidelia  
NRP. 2212100037

[Halaman ini sengaja dikosongkan].

## LEMBAR PENGESAHAN

### Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Peta Digital Berbasis Sensor Karbon Monoksida Bergerak

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh: Nadhira Fidelia (NRP: 2913100039)

Tanggal Ujian : 11 Juli 2017

Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh:

Arief Kurniawan, S.T., M.T.  
NIP. 197409072002121001

(Pembimbing I)

Muhtadin, S.T., M.Sc.  
NIP. 198106092009121003

(Pembimbing II)

Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.  
NIP. 196907301995121001

(Penguji I)

Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
NIP. 196906131997021003

(Penguji II)

Ahmad Zaini, ST., M.Sc.  
NIP. 196906131997021003

(Penguji III)

Mengetahui  
Kepala Departemen Teknik Komputer

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.  
NIP. 196907301995121001

[Halaman ini sengaja dikosongkan].



# **ABSTRAK**

Nama Mahasiswa : Nadhira Fidelia  
Judul Tugas Akhir : Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Peta Digital Berbasis Sensor Karbon Monoksida Bergerak  
Pembimbing : 1. Arief Kurniawan, ST., MT.  
2. Muhtadin, ST., MT.

Penggunaan sensor pendeteksi kualitas udara sudah banyak digunakan di tempat umum, namun status sensor yang tidak selalu aktif dan keberadaannya yang tidak berpindah tempat membuat masyarakat kesulitan untuk mengetahui kondisi udara pada area tertentu secara real-time. Tugas Akhir ini mengembangkan fungsi dari pendeteksi kualitas udara menggunakan peta digital dengan visualisasi warna (hijau, kuning, dan merah) pada masing-masing garis jalan sesuai dengan indeks standar pencemar udara (ISPU). Untuk mendapatkan data indeks kualitas udara pada setiap garis jalan, digunakan sebuah sistem praktis berbasis sensor gas Karbon Monoksida. Alat ini dapat dibawa oleh kendaraan bermotor sambil mengirimkan data ke server berupa kadar karbon monoksida serta titik lokasi. Seluruh data pada server divisualisasikan menggunakan peta digital, ditampilkan dalam rupa warna sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan nilai ketepatan metode yang digunakan sebesar 98.68%, dan interval waktu transmisi data sebesar 5.8 detik. Dengan alat ini, masyarakat akan lebih mudah untuk mengetahui kualitas udara berbasis karbon monoksida pada lokasi-lokasi tertentu kapan saja secara praktis.

Kata Kunci : Kualitas Udara, Karbon Monoksida, Peta Digital

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **ABSTRACT**

Name : Nadhira Fidelia  
Title : Portable Carbon Monoxide Sensor based Air  
Quality Monitoring System Using Digital  
Map  
Advisors : 1. Arief Kurniawan, ST., MT.  
2. Muhtadin, ST., MT.

Air quality detector sensors have been commonly used in public places, but sometimes the inactive status and immobile existence of the sensors makes it hard for people to reach information about air quality of certain places in real-time. This final project develops the function of the Carbon Monoxide Gas detector sensor using digital map that shows colors (red, yellow, and green) as Air Quality Index levels on each vertex or street line. To get the Air Quality Index data on each vertex or street line, a Gas sensor-based packed system is used. This packed system could be carried by vehicles while recording and reporting CO level and current position to the database. Every data in the database is connected to the digital map, displayed in colors on each street line based on the set parameters. After conducting tests, the accuracy of the method used is 98.68%, and time delay in transmitting data in the amount of 5.8 seconds. With this Digital Map Air Quality Monitoring System, people can easily reach the information on carbon monoxide-based air quality in specific places, anytime.

Keywords : Air Quality, Carbon Monoxide, Digital Map

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat, serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul **Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Peta Digital Berbasis Sensor Karbon Monoksida Bergerak**.

Penelitian ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Komputer ITS, Bidang Studi Telematika, serta digunakan sebagai persyaratan menyelesaikan pendidikan S1. Penelitian ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga Penulis, khususnya orang tua penulis yang telah memberikan dorongan spiritual dan material dalam penyelesaian buku penelitian ini.
2. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST. MT. selaku kepala Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
3. Arief Kurniawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing I dan Muhtadin ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan selama mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak-ibu dosen pengajar Departemen Teknik Komputer ITS, atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan kepada penulis selama ini.
5. Teman-teman anggota Lab B401 yang sudah banyak membantu penulis selama proses penelitian dan pembuatan buku, diantaranya Vibriansyah, Laksman, Gafur, Aris Habibi, Bella Dwi Agystin, Selyna, dan Sukma.
6. Teman-teman anggota Lab B201 yang sudah membantu penulis selama proses penelitian dan pembuatan buku, diantaranya Faishol Lukman, Lutfi Mazda Aji, Aris Dharmayasa, dan Adi Prastyo.

Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang . . . . .	1
1.2 Permasalahan . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 Batasan masalah . . . . .	2
1.5 Sistematika Penulisan . . . . .	3
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) . . . . .	5
2.2 OSHA . . . . .	6
2.3 Gas Karbon Monoksida (CO) . . . . .	6
2.3.1 Bahaya Gas Karbon Monoksida . . . . .	6
2.4 Sensor MQ-7 . . . . .	7
2.5 Arduino . . . . .	8
2.6 Modul ESP8266 . . . . .	9
2.7 GPS . . . . .	9
2.8 NMEA . . . . .	10
2.8.1 Segmentasi GPS . . . . .	10
2.8.2 Trilaterasi pada GPS . . . . .	13
2.9 Latitude dan Longitude . . . . .	14
2.9.1 Pengaplikasian GPS . . . . .	15
2.10 Formula Haversine . . . . .	15
2.11 Node dan Edge . . . . .	16
2.12 Google Maps API . . . . .	17

2.12.1	Google Maps Javascript API . . . . .	17
<b>3</b>	<b>DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM</b>	<b>19</b>
3.1	Desain Sistem . . . . .	19
3.1.1	Sensor Node . . . . .	19
3.1.2	Database Server . . . . .	22
3.1.3	Visualisasi Data . . . . .	24
3.2	Implementasi Sistem . . . . .	25
3.2.1	Pengiriman Data oleh Sensor Node . . . . .	25
3.2.2	Pengelompokkan Data pada Database Server . . . . .	28
3.2.3	Visualisasi Data oleh Peta Digital . . . . .	29
<b>4</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISA</b>	<b>33</b>
4.1	Pengujian Perangkat yang Digunakan . . . . .	33
4.1.1	Pengujian Alat Sensor . . . . .	33
4.1.2	Pengujian Perangkat GPS . . . . .	39
4.2	Pengujian Metode Perhitungan Nilai Edge . . . . .	41
4.3	Pengujian Proses pada Sensor Node . . . . .	42
4.4	Pengujian Proses Pada Database Server . . . . .	42
4.4.1	Interval Waktu Pengiriman Data . . . . .	45
4.5	Pengujian Interface Peta Digital . . . . .	47
<b>5</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>51</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	51
5.2	Saran Untuk Penelitian Selanjutnya . . . . .	51
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>53</b>
	<b>Biografi Penulis</b>	<b>57</b>



# DAFTAR GAMBAR

2.1	Sensor MQ-7 [7] . . . . .	7
2.2	Arduino Uno [5] . . . . .	8
2.3	Modul GPS [11] . . . . .	10
2.4	Segmen pada GPS [12] . . . . .	13
2.5	Ilustrasi Trilaterasi pada GPS [13] . . . . .	14
2.6	Latitude dan Longitude [14] . . . . .	15
2.7	Ilustrasi Formula Haversine [15] . . . . .	16
2.8	Ilustrasi Node dan Edge . . . . .	17
3.1	Gambaran Umum Sistem . . . . .	20
3.2	Desain Sensor Node . . . . .	20
3.3	Skematik Alat . . . . .	21
3.4	Desain Database . . . . .	22
3.5	Tampilan Peta Digital . . . . .	24
3.6	Diagram Alir Program Arduino . . . . .	26
3.7	Sensor Node . . . . .	27
3.8	Isi dari Sensor Node . . . . .	27
3.9	Diagram Alir Program PHP . . . . .	29
3.10	Proses Pembangunan Peta Digital . . . . .	30
3.11	Alur Kerja file HTML . . . . .	31
3.12	Hasil Peta Digital . . . . .	32
4.1	Grafik nilai CO pada Ruangan Tertutup . . . . .	34
4.2	Grafik nilai CO pada Knalpot . . . . .	35
4.3	Pemasangan Sensor Node pada sebuah Mobil . . . . .	36
4.4	Grafik Hasil Kadar CO pada Jalan Ramai dan Jalan Sepi . . . . .	37
4.5	Grafik Hasil Kadar CO pada Jalan Ramai dan Jalan Sepi dalam Kondisi Diam . . . . .	38
4.6	Grafik Nilai Galat (satuan meter) dari Perangkat GPS dibandingkan dengan Google Maps (10 kali perbandingan) . . . . .	40
4.7	Node yang terdeteksi pada pengujian Sensor Node . . . . .	43
4.8	Polyline dengan kadar CO sebesar 32 ppm Berwarna Hijau . . . . .	48

4.9	Polyline dengan kadar CO sebesar 85 ppm Berwarna Kuning . . . . .	49
4.10	Polyline dengan kadar CO sebesar 108 ppm Berwarna Merah . . . . .	50

# DAFTAR TABEL

2.1	Struktur data dari \$GPGGA . . . . .	11
3.1	Struktur Tabel Node . . . . .	23
3.2	Struktur Tabel Edge . . . . .	24
3.3	Parameter Pewarnaan Polyline . . . . .	25
3.4	Struktur JSON . . . . .	30
4.1	Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Ruangan Tertutup . . . . .	34
4.2	Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Knalpot . . . . .	35
4.3	Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Jalan Ramai . . . . .	37
4.4	Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Jalan Sepi . . . . .	38
4.5	Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Jalan Sepi dalam Keadaan Diam . . . . .	39
4.6	Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Jalan Ramai dalam Keadaan Diam . . . . .	39
4.7	Latitude dan Longitude dari GPS dan Google Maps yang digunakan sebagai Perbandingan . . . . .	40
4.8	Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Galat pada perangkat GPS yang digunakan . . . . .	41
4.9	Hasil pengujian pada Edge dengan nomor ID 3 . . . . .	41
4.10	Besar nilai galat pada edge yang diuji . . . . .	42
4.11	Daftar Node yang Terdeteksi . . . . .	43
4.12	Pencarian Jalur Terpendek pada Setiap Node . . . . .	44
4.13	Perhitungan Edge menggunakan Metode Nilai Rata-rata Kedua Node Pembentuk Edge . . . . .	45
4.14	Waktu dan Tanggal pengiriman data (GPS ) dan penerimaan data (Database) . . . . .	46
4.15	Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Waktu Pengiriman Data . . . . .	46

Halaman ini sengaja dikosongkan

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Penelitian ini di latar belakang oleh berbagai kondisi yang menjadi acuan. Selain itu juga terdapat beberapa permasalahan yang akan dijawab sebagai luaran dari penelitian.

### **1.1 Latar belakang**

Indonesia menduduki posisi ke empat di dunia sebagai negara paling terpolusi[1]. Polusi adalah proses masuknya polutan ke dalam suatu lingkungan sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan tersebut. Menurut Undang-undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 tahun 1982, pencemaran lingkungan atau polusi adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Penyebab utama berasal dari kendaraan bermotor dan industri, ditambah lagi dengan asap dari kebakaran hutan yang sudah dikategorikan sangat berbahaya.

Pemantauan kualitas udara secara nasional dilakukan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup dengan menggunakan peralatan air quality monitoring station (AQMS) yang ditempatkan di beberapa daerah di Indonesia. Sistem pemantauan tersebut memantau konsentrasi CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Ozone, dan PM<sub>10</sub>. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung indeks standar pencemaran udara (ISPU) dan ditampilkan pada papan display ISPU yang tersebar di 100 lokasi di Indonesia. Seluruh konsentrasi yang dipantau oleh AQMS membahayakan kesehatan bagi siapapun yang menghirupnya, salah satunya konsentrasi gas CO dalam darah mengakibatkan penurunan fungsi system saraf pusat, perubahan fungsi jantung dan paru-paru, mengantuk, koma, sesak napas, dan dapat pula menyebabkan kematian [2]. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung indeks standar pencemaran udara (ISPU) dan ditampilkan pada papan display ISPU yang tersebar di beberapa lokasi, namun status sensor yang tidak selalu aktif dan keberadaan-

nya yang tidak berpindah tempat membuat masyarakat kesulitan untuk mengetahui kondisi udara pada area tertentu yang ingin mereka kunjungi atau lewat secara real-time.

## **1.2 Permasalahan**

Berdasarkan keadaan ISPU di Indonesia saat ini, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Keberadaan AQMS di Indonesia yang tidak merata pada seluruh lokasi.
2. Belum adanya media informasi mengenai status kualitas udara yang interaktif.

Dengan adanya permasalahan-permasalahan tersebut, maka program yang akan dibuat bertujuan untuk melakukan pengimplementasian sensor pendeteksi kadar gas Karbon Monoksida dalam udara untuk mendapatkan ISPU lokasi dan divisualisasikan melalui peta digital dalam bentuk warna.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk:

1. Mengimplementasikan sensor pendeteksi kadar gas Karbon Monoksida pada udara kedalam sebuah alat yang mudah untuk dibawa untuk mendapatkan angka indeks kualitas udara berbasis karbon monoksida per lokasi.
2. Menampilkan angka indeks kualitas udara berbasis karbon monoksida per lokasi melalui peta digital dalam bentuk warna (hijau, kuning, merah) sehingga seseorang dapat mengetahui informasi kualitas udara pada daerah-daerah tertentu secara mudah dan praktis.

## **1.4 Batasan Masalah**

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan diangkat maka dilakukan pembatasan masalah. Batasan-batasan masalah tersebut diantaranya adalah:

1. Hanya menggunakan 1 sensor (MQ-7 untuk Karbon Monoksida).

2. Menggunakan Arduino Uno sebagai controller.
3. Menggunakan GPS sebagai penentu lokasi, dan GPRS atau 3G untuk mengirim data ke server.
4. Batasan pengujian hanya di daerah Sukolilo, Surabaya.
5. Alat yang dibangun hanya dapat digunakan pada cuaca cerah (tidak hujan).

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Laporan penelitian Tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang ingin melanjutkan penelitian ini. Alur sistematika penulisan laporan penelitian ini yaitu :

### **1. BAB I Pendahuluan**

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan pemilihan judul, sistematika laporan, tujuan dan metodologi penelitian.

### **2. BAB II Dasar Teori**

Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penelitian ini. Teori-teori ini digunakan sebagai dasar dalam penelitian, yaitu informasi terkait fitur apache spark, teknik-teknik visualisasi, dan teori-teori penunjang lainnya.

### **3. BAB III Desain Sistem dan Implementasi**

Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait eksperimen yang akan dilakukan dan langkah-langkah data diolah hingga menghasilkan visualisasi. Guna mendukung itu digunakanlah blok diagram atau work flow agar sistem yang akan dibuat dapat terlihat dan mudah dibaca untuk implementasi pada pelaksanaan tugas akhir.

### **4. BAB IV Pengujian dan Analisa**

Bab ini menjelaskan tentang pengujian eksperimen yang dilakukan terhadap data dan analisisnya. Beberapa teknik visualisasi akan ditunjukkan hasilnya pada bab ini dan dilakukan analisa terhadap hasil visualisasi dan informasi yang didapat dari hasil mengamati visualisasi yang tersaji.

## 5. BAB V Penutup

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk mengembangkan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)**

ISPU adalah indeks untuk melaporkan kualitas udara harian, yang menginformasikan tentang seberapa bersih atau kotornya udara saat itu, dan dampak apa saja yang dapat terjadi berdasarkan indeks tersebut. Kriteria Indeks Udara menurut ISPU adalah sebagai berikut [3]:

**1. BAIK (0-50)**

Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.

**2. SEDANG (51-100)**

Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan, tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.

**3. TIDAK SEHAT (101-199)**

Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.

**4. SANGAT TIDAK SEHAT (200-299)**

Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.

**5. BERBAHAYA (300-lebih)**

Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

## **2.2 OSHA**

The United States Occupational Safety and Health Administration (OSHA) adalah bagian dari Departemen Tenaga Kerja Amerika Serikat yang dibentuk di bawah Undang-Undang Keselamatan dan Kesehatan, yang ditandatangani oleh Presiden Richard M. Nixon, pada 29 Desember 1970. Misinya adalah untuk mencegah cedera yang berhubungan dengan pekerjaan, penyakit, dan kematian dengan menerbitkan dan menegakkan peraturan (standar) untuk kesehatan dan keselamatan kerja. Salah satu peraturan di OSHA mengatakan bahwa tingkat maksimum kadar karbon monoksida pada suatu ruangan tertutup adalah sebanyak 50 ppm. [4]

## **2.3 Gas Karbon Monoksida (CO)**

CO merupakan gas yang tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, dan merupakan 6% atau lebih dari seluruh gas buangan kendaraan bermotor. Gas CO berasal dari hasil pembakaran tidak sempurna dari bahan fosil, hasil industri dan materi lain yang mengandung gasolin, kerosen, minyak, propana, batu bara dan hasil pembakaran mesin kendaraan bermotor dan industri. [2]

Kadar CO di daerah perkotaan cukup bervariasi dan dipengaruhi oleh kepadatan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin. Pada umumnya, kadar maksimum CO terjadi bersamaan dengan jam padat seperti pada pagi dan sore menjelang malam hari. Selain cuaca, variasi kadar CO juga tergantung pada topografi jalan dan bangunan sekitarnya. Paparan CO dari udara ambien dapat direfleksikan dalam bentuk kadar karboksihemoglobin (HbCO) dalam darah yang terbentuk dengan sangat perlahan karena membutuhkan waktu 4 hingga 12 jam untuk tercapainya keseimbangan antara kadar CO di udara dan HbCO dalam darah. Sehingga hal tersebut cenderung dinyatakan sebagai kadar paparan rata-rata dalam 8 jam. [17]

### **2.3.1 Bahaya Gas Karbon Monoksida**

Kadar gas CO yang tinggi dalam suatu ruangan dapat membahayakan manusia karena dapat menimbulkan hipoksia jaringan dengan gejala kelemahan, mual, muntah, vertigo, bahkan kematian.

## 2.4 Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 adalah sensor yang dapat mendeteksi gas Karbon Monoksida (CO). Keluaran yang dihasilkan oleh sensor ini adalah berupa sinyal analog, sensor ini juga membutuhkan tegangan direct current (DC) sebesar 5V. Pada sensor ini terdapat nilai resistansi sensor ( $R_s$ ) yang dapat berubah bila terkena gas dan juga sebuah pemanas yang digunakan sebagai pembersihan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar.[6]



Gambar 2.1: Sensor MQ-7 [7]

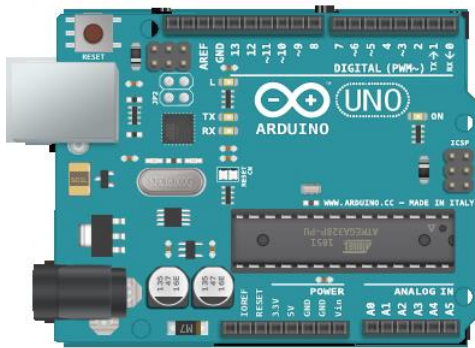
Sensor ini membutuhkan rangkaian sederhana serta memerlukan tegangan pemanas (Power heater) sebesar 5V, resistansi beban (Load resistance/ $R_L$ ), dan output sensor dihubungkan ke analog digital converter (ADC), sehingga keluaran dapat ditampilkan dalam bentuk sinyal digital.

Karakteristik sensitivitas sensor MQ-7 adalah sebagai berikut [19]:

1.  $R_s$  (Tahanan Permukaan Terhadap Tubuh) = 2-20k pada 100ppm Karbon Monoksida(CO)
2.  $a(300/100\text{ppm})$  (Tingkat Konsentrasi Kemiringan) = Kurang dari  $0.5 R_s (300\text{ppm})/R_s(100\text{ppm})$
3. Standar Kondisi Bekerja = Temperatur:  $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , Kelembapan:  $65\% \pm 5\%$ ,  $R_L$ :  $10\text{K} \pm 5\%$ ,  $V_c$ :  $5\text{V} \pm 0.1\text{V}$ ,  $V_H$ :  $5\text{V} \pm 0.1\text{V}$ ,  $V_H$ :  $1.4\text{V} \pm 0.1\text{V}$
4. Waktu Panaskan Tidak kurang dari 48 jam
5. Rentang Deteksi Karbon Monoksida: 20ppm-2000ppm

## 2.5 Arduino

Arduino Uno adalah sebuah rangkaian yang dikembangkan dari mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 kaki digital input / output, dimana 6 kaki digital diantaranya dapat digunakan sebagai sinyal PWM (Pulse Width Modulation). Sinyal PWM berfungsi untuk mengatur kecepatan perputaran motor. Arduino Uno memiliki 6 kaki analog input, kristal osilator dengan kecepatan jam 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah konektor listrik, sebuah kaki header dari ICSP, dan sebuah tombol reset yang berfungsi untuk mengulang program.



Gambar 2.2: Arduino Uno [5]

Pin analog Arduino dapat menerima nilai hingga 10 bit sehingga dapat mengkonversi data analog menjadi 1024 keadaan ( $2^{10} = 1024$ ). Artinya nilai 0 merepresentasikan tegangan 0 volt dan nilai 1023 merepresentasikan tegangan 5 volt. Untuk mendapatkan besar kadar karbon monoksida dalam satuan ppm-nya dapat dicari dengan cara berikut [18]:

1. Konversi dari ADC ke ppm:  $10 \text{ bit} = 0 - 1023$
2. Rentang deteksi sensor gas MQ-7:  $20 - 2000 \text{ ppm CO}$
3. Linierisasi ADC ke ppm

$$\frac{(2000 - 20)}{1024} = \frac{1980}{1024} = 1,934 \text{ ppm} \quad (2.1)$$

Jadi, didapatkan nilai 1 karakter ADC = 1,934 ppm. Berdasarkan grafik karakter sensitivitasnya, dapat diketahui nilai Rs nya, yaitu dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$R_s = \left( \frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) R_L \quad (2.2)$$

Dalam hal ini,

1. Rs: Hambatan sensor MQ-7
2. Vc: Tegangan Sirkuit
3. VRL: Tegangan RL
4. RL: Hambatan beban

Proses konversi dari nilai analog menjadi digital ini disebut proses ADC (Analog to Digital Conversion).

## 2.6 Modul ESP8266

Modul wireless ESP8266 merupakan modul low-cost Wi-Fi dengan dukungan penuh untuk penggunaan TCP/IP. Modul ini diproduksi oleh Espressif Chinese manufacturer. Pada tahun 2014, AI-Thinker manufaktur pihak ketiga dari modul ini mengeluarkan modul ESP8266-01, modul ini menggunakan AT-Command untuk konfigurasinya. Harga yang murah, penggunaan daya yang rendah dan dimensi modul yang kecil menarik banyak developer untuk ikut mengembangkan modul ini lebih jauh. Pada Oktober 2014, Espressif mengeluarkan software development kit (SDK) yang memungkinkan lebih banyak developer untuk mengembangkan modul ini. Modul ESP8266-01 memiliki form factor 2x4 DIL dengan dimensi 14,3 x 24,8 mm. Catu daya yang dibutuhkan adalah 3,3 volt. [8]

## 2.7 GPS

GPS (Global Positioning System) yang digunakan adalah GPS bertipe Ublox NEO-6M yang memiliki 4 pin yakni Ground, VCC, Tx (transmitter), dan Rx (receiver).

GPS Receiver memiliki output standar yang berisi informasi yang berhubungan dengan data-data geografi. Standar format informasi tersebut diberi nama NMEA-0183.



Gambar 2.3: Modul GPS [11]

## 2.8 NMEA

NMEA (National Marine Electronics Association)-0183 dikembangkan secara spesifik untuk standar industri sebagai antar-muka bermacam-macam alat kelautan yang diperkenalkan sejak tahun 1983 [Pet06]. Standar tersebut diberikan untuk alat kelautan yang mengirimkan informasi ke komputer maupun alat lainnya. Contoh peralatan yang mengeluarkan data NMEA adalah GPS (Global Positioning System) NMEA-0183 berisi informasi yang berhubungan dengan geografi seperti tentang waktu, longitude, latitude, ketinggian, kecepatan dan masih banyak lagi. Untuk menampilkan informasi yang lebih dimengerti oleh user data NMEA-0183 perlu diolah lebih lanjut. Standar NMEA-0183 menggunakan format ASCII sederhana, masing-masing kalimat mendefinisikan isi masing-masing tipe pesan yang dapat dipilah-pilah. Lima karakter pertama berupa setelah tanda \$ disebut field alamat. Dua karakter pertama pada address disebut Talker-ID. Setelah Talker-ID mengikuti di belakangnya 3 karakter yang menjelaskan tipe kalimat. Sedangkan tiap data dipisahkan dengan koma, jika ada field kosong maka tidak terisi apapun diantara dua koma dan diakhiri oleh Carriage Return + Line Feed (CR+LF). Salah satu tipe struktur dari NMEA-0183 adalah \$GPGGA. Contoh output dari GPS bertipe \$GPGGA adalah \$GPGGA, 092204.999, 4250.5589, S, 14718.5084, E, 1, 04, 24.4, 19.7, M, , , , 0000\*1F. Struktur data dari contoh output \$GPGGA tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1. [19]

### 2.8.1 Segmentasi GPS

Sesuai pada gambar 2.5, GPS terdiri dari tiga segmen, yaitu:

Tabel 2.1: Struktur data dari \$GPGGA

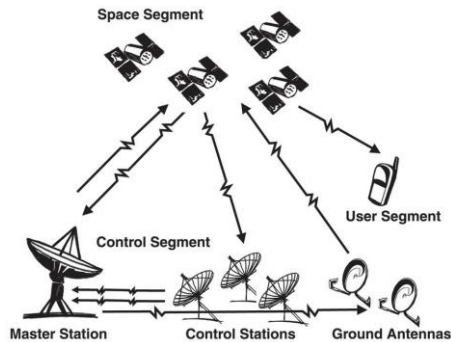
Field	Contoh isi	Deskripsi
Sentence ID	\$GPGGA	
UTC Time	092204.999	hhmmss.sss
Latitude	4250.5589	ddmm.mmmm
N/S Indicator	S	N = North, S = South
Longitude	14718.5084	dddmm.mmmm
E/W Indicator	E	E = East, W = West
Position Fix	1	0 = Invalid, 1 = Valid SPS, 2 = Valid DGPS, 3 = Valid PPS
Satellites Used	04	Satellites being used (0-12)
HDOP	24.4	Horizontal dilution of precision
Altitude	19.7	Altitude in meters according to WGS-84 ellipsoid
Altitude Units	M	M = Meters
Geoid Separation		Geoid separation in meters according to WGS-84 ellipsoid
Separation Units		M = Meters
DGPS Age		Age of DGPS data in seconds
DGPS Station ID	0000	
Checksum	*1F	
Terminator	CR/LF	

1. Space Segment: Space segment terdiri atas konstelasi 24 satelit. Masing-masing satelit mengirimkan sebuah sinyal, yang memiliki sejumlah komponen: dua buah gelombang sinus (yang juga dikenal sebagai carrier frequency / frekuensi pembawa), dua kode digital, dan sebuah pesan navigasi.

Pesan kode dan navigasi ditambahkan ke dalam pembawa sebagai modulasi dua fasa biner. Pembawa dan kode digunakan terutama untuk menentukan jarak dari receiver pengguna sampai ke satelit GPS. Pesan navigasi berisi koordinat (lokasi) satelit sebagai fungsi waktu bersama dengan informasi-informasi lain.

2. Control Segment: Segmen kontrol dari sistem GPS terdiri atas jaringan lima stasiun pemantau di seluruh pelosok dunia, dengan stasiun kontrol utama (master control station/MCS) berlokasi 26 di dekat Colorado Springs, Colorado, Amerika Serikat. Tugas utama segmen kontrol operasional adalah menjejak satelit GPS dengan tujuan untuk menentukan dan memprediksi lokasi satelit, integritas sistem, jam atom satelit, data atmosfer, perkiraan satelit, dan pertimbangan-pertimbangan lain. Informasi ini kemudian digabungkan dan diupload ke satelit GPS melalui jalur S- band
3. User Segment: User Segment mencakup semua pengguna baik militer maupun sipil. Dengan sebuah penerima GPS yang terhubung dengan antena GPS, seorang pengguna dapat menerima sinyal GPS, yang dapat digunakan untuk menentukan posisi pengguna tersebut di manapun di bumi. Saat ini GPS tersedia bagi siapapun di seluruh dunia tanpa biaya apapun.



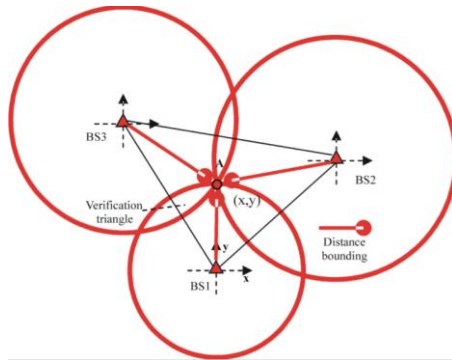


Gambar 2.4: Segmen pada GPS [12]

## 2.8.2 Trilaterasi pada GPS

Penerima GPS menggunakan trilaterasi (versi triangulasi yang lebih kompleks) untuk menentukan posisinya di permukaan bumi dengan menghitung waktu perjalanan sinyal dari tiga satelit di Global Positioning System [13]. GPS adalah jaringan satelit yang mengorbit bumi dan mengirim sinyal ke penerima GPS yang memberikan rincian lokasi penerima yang tepat, waktu, dan kecepatan perangkat bergerak dalam kaitannya dengan tiga satelit.

Setiap satelit di konstelasi GPS mengirimkan sinyal periodik bersamaan dengan sinyal waktu. Ini diterima oleh perangkat GPS, yang kemudian menghitung jarak antara perangkat dan setiap satelit berdasarkan penundaan antara waktu sinyal dikirim dan waktu penerimaannya. Sinyal bergerak dengan kecepatan cahaya, namun ada penundaan karena satelit berada pada ketinggian puluhan ribu kilometer di atas bumi. Setelah perangkat GPS memiliki nilai jarak setidaknya dari tiga satelit, ia dapat melakukan perhitungan trilaterasi. Trilaterasi bekerja dengan cara yang sama untuk menentukan posisi pengguna di peta yang mengetahui jarak yang tepat dari tiga tengara yang berbeda dengan menggunakan sepasang kompas. Dimana sebuah pusat dari tiga lingkaran yang tumpang tindih adalah lokasi pengguna, mengingat radius masing-masing lingkaran adalah jarak pengguna dari setiap tengara.



Gambar 2.5: Ilustrasi Trilaterasi pada GPS [13]

Pada versi GPS, perhitungan dilakukan dalam tiga dimensi dengan kompas 3D imajiner sehingga lokasi pengguna berada di tempat dimana tiga bola radius yang diberikan oleh jarak ke masing-masing tiga satelit saling tumpang tindih. Jika perangkat GPS bisa melihat satelit keempat, maka pengukuran bisa diperiksa hingga 2 kali.

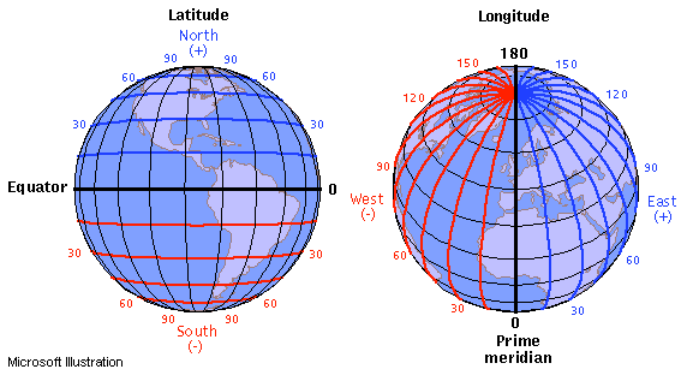
Proses perhitungan terjadi sangat cepat, memungkinkan perangkat GPS untuk menentukan lokasi, ketinggian (jika ada di pesawat terbang), kecepatan dan arah. Transmisi waktunya dimulai tepat pada menit dan setengah menit seperti yang ditunjukkan oleh jam atom satelit. Bagian pertama dari sinyal GPS memberi tahu penerima tentang hubungan antara jam satelit dan waktu GPS. Potongan data berikutnya memberi informasi tentang orbit satelit yang tepat.

## 2.9 Latitude dan Longitude

Latitude adalah suatu sistem koordinat geografis yang digunakan untuk menentukan lokasi suatu tempat di permukaan bumi. Latitude atau garis lintang adalah garis yang menentukan lokasi berada di sebelah utara atau selatan ekuator. Garis lintang diukur mulai dari titik 0 derajat dari khatulistiwa sampai 90 derajat di kutub.

Longitude atau garis bujur adalah digunakan untuk menentukan lokasi di wilayah barat atau timur dari garis utara selatan yang sering disebut juga garis meridian. Garis bujur diukur dari 0 dera-

jat di wilayah Greenwich sampai 180 derajat di International Date Line.



Gambar 2.6: Latitude dan Longitude [14]

## 2.9.1 Pengaplikasian GPS

Teknologi GPS memiliki berbagai macam pengaplikasian pada bidang-bidang tertentu, diantaranya:

### 1. Sipil

Dalam bidang ini GPS biasa digunakan untuk berolahraga, kendaraan bermotor, telpon seluler, pesawat, perairan dan lain-lain. Seluruh penerima GPS bagi warga sipil dapat berfungsi 18 km (60,000 kaki) altitude dan 515 m/s (1,000 knots).

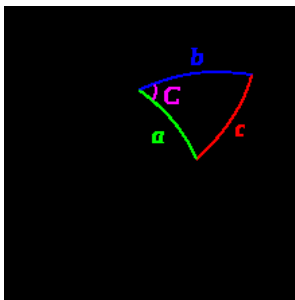
### 2. Militer

Dalam bidang militer GPS digunakan untuk menemukan lokasi dengan segala kondisi, meskipun di kegelapan atau bahkan medan yang tidak diketahui, dan untuk mengarahkan pasukan serta pengiriman persediaan. Dengan akselerasi 12,000 g atau sekitar 118 km/s<sup>2</sup> dan ketelitian 155-milimeter (6.1 in).

## 2.10 Formula Haversine

Formula Haversine merupakan metode menentukan jarak lingkaran besar antara dua titik pada bola yang diberi latitude dan longitude. Formula ini penting dalam navigasi memberikan jarak yang

jauh lingkaran antara dua titik pada bola dari garis bujur (longitude) dan garis lintang (latitude). Haversine formula merupakan kasus khusus dari rumus yang lebih umum di trigonometri bola, hukum haversines, yang berkaitan dengan sisi dan sudut segitiga bola.



Gambar 2.7: Ilustrasi Formula Haversine [15]

Perhitungan jarak dalam formula Haversine adalah sebagai berikut:

$$d = 2r \arcsin\left(\sqrt{\text{hav}(\phi_2 - \phi_1) + \cos(\phi_1)\cos(\phi_2)\text{hav}(\lambda_2 - \lambda_1)}\right) \quad (2.3)$$

Keterangan:

$r$  = radius dari bumi ( $R_{\text{Bumi}} = 6.371 \text{ km}$ )

$d$  = Jarak antara dua koordinat

$\phi_1$  = latitude dari titik 1

$\phi_2$  = latitude dari titik 2

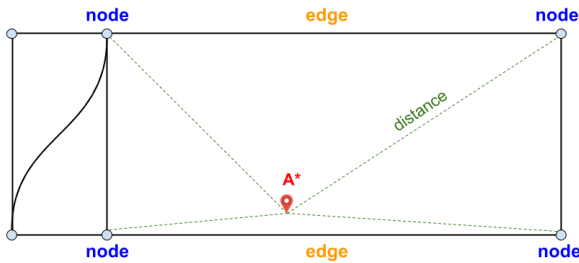
$\lambda_1$  = longitude dari titik 1

$\lambda_2$  = longitude dari titik 2

## 2.11 Node dan Edge

Terdapat dua komponen penting sebagai pemeran utama dalam metode yang digunakan yaitu Node dan Edge. Node adalah titik persimpangan dari dua jalan atau lebih. Edge adalah jalur atau garis jalan pada peta. Edge adalah garis yang menghubungkan dua node.

Ilustrasi mengenai node dan edge pada sebuah peta jalan dapat dilihat pada gambar 2.8.



\*A = Titik koordinat lokasi yang direkam oleh Sensor Node (lat & lng).

Gambar 2.8: Ilustrasi Node dan Edge

## 2.12 Google Maps API

API (Application Programming Interface) adalah fungsi-fungsi pemrograman yang disediakan oleh layanan agar dapat diintegrasikan dengan aplikasi berupa web maupun aplikasi itu sendiri. Google Maps API adalah fungsi-fungsi pemrograman yang disediakan oleh Google Maps agar dapat diintegrasikan kedalam web atau aplikasi yang sedang dikembangkan.

### 2.12.1 Google Maps Javascript API

Fitur-fitur yang digunakan menggunakan Google Maps Javascript API ini adalah:

1. Maps View: Menambahkan peta Google sederhana bersama marker ke laman web.
2. Marker: Marker mengidentifikasi lokasi pada peta. Secara default, marker menggunakan gambar standar. Marker bisa menampilkan gambar khusus, dalam hal ini maka biasanya disebut "ikon".

Bidang-bidang yang harus ditetapkan saat pembuatan marker diantaranya:

- (a) Position: Position berfungsi menetapkan Latitude dan Longitude yang mengidentifikasi lokasi awal marker.
- (b) Map: Map ditetapkan untuk menempatkan marker. Jika map tidak ditetapkan pada saat pembuatan marker,

marker akan dibuat namun tidak dilekatkan pada (atau ditampilkan pada) peta.

3. Polyline: Polyline adalah serangkaian garis terhubung yang bisa membuat bentuk apa saja yang diinginkan dan bisa digunakan untuk menandai jalur dan rute dari peta.

# **BAB 3**

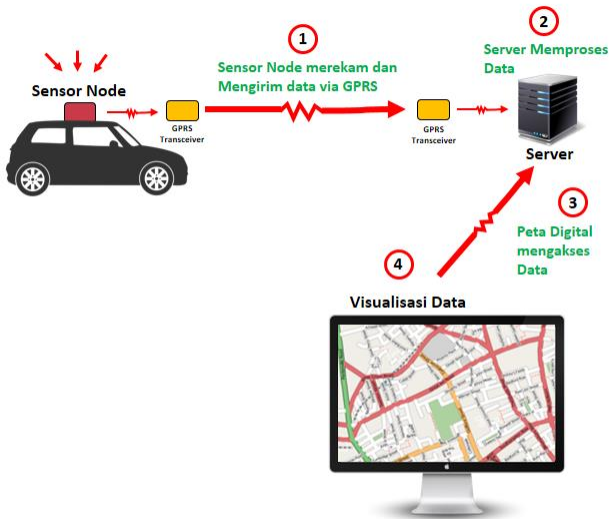
## **DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM**

### **3.1 Desain Sistem**

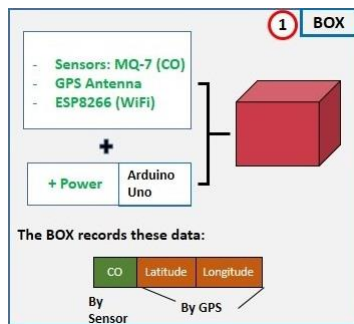
Pada tugas akhir ini dibuat sistem pemantauan kadar karbon monoksida menggunakan peta digital sebagai visualisasi data. Pada sistem yang dibangun, digunakan sebuah sensor pendeteksi gas Karbon Monoksida untuk mendapatkan angka kadar karbon monoksida per lokasi, lalu data tersebut ditampilkan dalam bentuk garis berwarna (hijau, kuning, merah) sehingga seseorang dapat mengetahui informasi kualitas udara berdasarkan kadar gas Karbon Monoksida pada lokasi-lokasi tertentu secara mudah. Sistem yang digunakan terbagi kedalam tiga bagian, yakni; Sensor Node, Database Server, dan Visualisasi Data. Sensor Node seperti pada gambar 3.2 berfungsi untuk menampung segala perangkat diperlukan untuk merekam data kadar Karbon Monoksida beserta lokasi perekaman data dan mengirim data tersebut ke Database, yang kemudian data tersebut divisualisasikan menggunakan sebuah peta digital seperti pada gambar 3.5.

#### **3.1.1 Sensor Node**

Pada bagian Sensor Node, digunakan sebuah box yang berisi Sensor MQ-7 sebagai sensor pendeteksi gas Karbon Monoksida, Arduino sebagai mikrokontroler, GPS sebagai pendeteksi lokasi, dan ESP8266 yang terkoneksi dengan jaringan 3G/GPRS yang berfungsi untuk mengirim data hasil rekaman sensor menuju database. Desain Sensor Node yang berbentuk box dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.1: Gambaran Umum Sistem

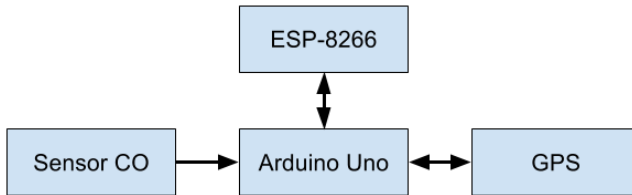


Gambar 3.2: Desain Sensor Node

Alur skematik pada sensor node tertera pada gambar 3.3. Pada skematik tersebut, digunakan sensor MQ-7 yang bertugas untuk merekam data kadar gas karbon monoksida, GPS yang berfungsi untuk mendeteksi titik lokasi (latitude dan longitude) beserta waktu, dan ESP8266 sebagai modul pengirim data. Seluruh perangkat



tersebut terhubung dengan Arduino Uno sebagai mikrokontroler.



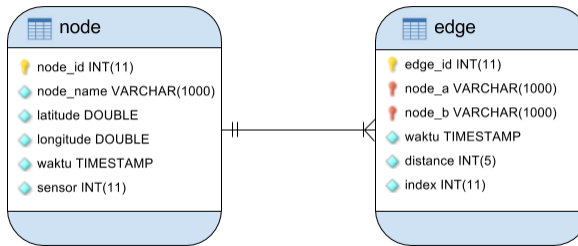
Gambar 3.3: Skematik Alat

Alur kerja dari skematik 3.3 adalah sebagai berikut:

1. Aktivasi ESP8266 sebagai modul pengirim data
2. Perekaman data analog oleh Sensor MQ-7 yang selanjutnya akan dibaca oleh Arduino Uno
3. Arduino Uno melakukan pembacaan data analog dari sensor menggunakan ADC, yang menghasilkan data kadar karbon monoksida (desimal) dengan satuan ppm. Proses perhitungan dapat dilihat pada rumus 2.1
4. Perekaman data GPS Ublox NEO-6M berformat NMEA - 0183 (menggunakan standar ASCII), dengan tipe struktur data \$GPGGA. Struktur data \$GPGGA dapat dilihat di tabel 2.1
5. Arduino Uno melakukan pembacaan data dari GPS yang menghasilkan angka latitude dan longitude (tipe data double) serta tanggal dan waktu pengiriman data yang sudah diformat dalam satuan waktu UTC+07.00 (zona waktu Indonesia bagian barat)
6. ESP8266 mengirim data kadar karbon monoksida, latitude, longitude, tanggal, dan waktu yang sudah diolah oleh Arduino Uno menuju database.

### 3.1.2 Database Server

Database Server digunakan sebagai tempat penyimpanan seluruh data sensor yang direkam oleh sensor MQ-7 beserta koordinat lokasi yang dideteksi oleh modul GPS, yang nantinya akan diakses oleh peta digital untuk ditampilkan. Desain database yang digunakan tertera pada gambar 3.4.



Gambar 3.4: Desain Database

Untuk mendapatkan nilai edge, pertama digunakan formula Haversine sebagai alat hitung panjang jarak antara sebuah titik koordinat lokasi yang direkam oleh Sensor Node dengan seluruh titik koordinat lokasi node yang sudah ditentukan dapat dihitung. Setelah seluruh data mengenai jarak antar titik sudah terhitung, selanjutnya sistem memilih node yang mempunyai jarak terpendek dengan data lokasi yang dikirim dari Sensor Node. Node yang terpilih kemudian akan menjadi lokasi akhir data sensor yang dikirim dari Sensor Node.

Setelah node sudah terpilih, selanjutnya angka data sensor pada node tersebut akan digunakan untuk mendapatkan nilai edge. Cara (metode) yang digunakan untuk mencari nilai edge adalah dengan menghitung nilai rata-rata dari kedua nilai node pembentuk edge tersebut.

Pada database, terdapat dua tabel yang digunakan. Tabel pertama adalah tabel Node dengan struktur tabel seperti pada tabel 3.1. Tabel Node memiliki urutan struktur kolom antara lain node id (primary key) sebagai lokasi penyimpanan nomor identitas node, node name sebagai lokasi label nama pada masing-masing node id,

Tabel 3.1: Struktur Tabel Node

Nama Field	Tipe Data	Ukuran	Keterangan
node id	int	11	ID Node
node name	varchar	1000	Nama Node
latitude	double		Latitude
longitude	double		Longitude
waktu	timestamp		Waktu data diterima
sensor	int	11	Kadar CO

latitude untuk menyimpan titik koordinat latitude dari GPS, longitude untuk menyimpan titik koordinat longitude dari GPS, waktu (timestamp) sebagai keterangan tanggal dan waktu pada saat data diterima, serta sensor sebagai lokasi penyimpanan data sensor value yang diterima dari sensor node.

Berdasarkan tabel 3.1, terdapat 6 field pada struktur tabel node yakni ID Node dengan tipe data integer, Nama Node dengan tipe data varchar, Latitude dengan tipe data double, Longitude dengan tipe data double, Waktu data diterima dengan tipe data timestamp, dan Kadar CO dengan tipe data integer.

Tabel kedua yang digunakan adalah tabel Edge yang memiliki struktur tabel seperti pada tabel 3.2. Tabel edge memiliki urutan struktur kolom antara lain edge id (primary key) sebagai lokasi penyimpanan nomor identitas edge, node a sebagai identitas dari node a pada edge id, node b sebagai identitas dari node b pada edge id, waktu (timestamp) sebagai keterangan tanggal dan waktu pada saat data diterima, distance untuk menyimpan panjangnya jarak antara node a dan node b, serta index sebagai lokasi penyimpanan data hasil perhitungan rata-rata dari nilai sensor value pada node a dan node b. Struktur tabel edge dapat dilihat pada tabel 3.2

Berdasarkan tabel 3.2, terdapat 6 field pada struktur tabel edge yakni ID Edge dengan tipe data integer, Nama Node pertama dengan tipe data varchar, Nama Node kedua dengan tipe data varchar, Waktu dengan tipe data timestamp, distance dengan tipe data integer, dan Kadar CO dengan tipe data integer.

Tabel 3.2: Struktur Tabel Edge

Nama Field	Tipe Data	Ukuran	Keterangan
edge id	int	11	ID Edge
node a	varchar	1000	Node pertama yang terhubung dengan edge
node b	varchar	1000	Node kedua yang terhubung dengan edge
waktu	timestamp		Waktu data diterima
distance	int	5	Panjang edge dalam satuan meter
index	int	11	Kadar CO

### 3.1.3 Visualisasi Data

Pada bagian ini, visualisasi data berupa peta digital yang menggunakan Google Maps API sebagai sumber tampilannya. Data-data yang ditampilkan pada visualisasi data ini adalah data-data yang ada pada database yang digunakan, dimana data-data tersebut sebelumnya diterima dari sensor node. Desain visualisasi data yang berbentuk peta digital tertera pada gambar 3.5.



Gambar 3.5: Tampilan Peta Digital

Fitur-fitur yang digunakan dari google maps (yang kemudian dimodifikasi) antara lain:

1. Fitur marker digunakan sebagai penanda node-node yang ada pada database
2. Fitur polyline digunakan sebagai garis penghubung antar node (edge)

Warna pada polyline melambangkan level kadar karbon monoksida yang tertera pada database, sesuai parameter berikut:

Tabel 3.3: Parameter Pewarnaan Polyline

Warna	Kadar CO (ppm)
Hijau	0-50
Kuning	51-100
Merah	101-500

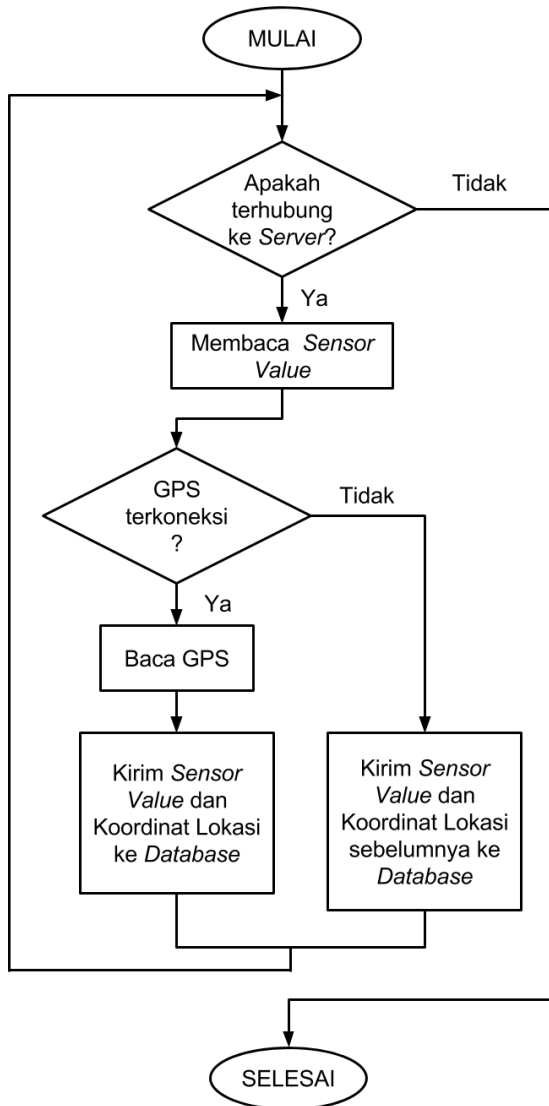
Pada tabel 3.3 dapat dilihat parameter pewarnaan polyline, diantaranya; warna hijau menunjukkan kadar CO sebesar 0 hingga 50 ppm, warna kuning menunjukkan kadar CO sebesar 51-100 ppm, dan warna merah menunjukkan kadar CO sebesar 101-500 ppm.

## 3.2 Implementasi Sistem

Secara keseluruhan, alur implementasi sistem terbagi menjadi tiga, yaitu; Pengiriman Data oleh Sensor Node, Pengelompokan data pada Database, dan Visualisasi data oleh Peta Digital.

### 3.2.1 Pengiriman Data oleh Sensor Node

Perekaman data sensor dan titik koordinat lokasi menggunakan GPS diproses oleh program menggunakan bahasa Arduino. Setelah data-data tersebut direkam, akan dikirim ke database server menggunakan modul WiFi ESP8266 dengan protokol HTTP/1.1. Diagram alir program Arduino dapat dilihat pada gambar 3.6. Kotak (box) Sensor Node dapat dilihat pada gambar 3.7 dengan skematik alat seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.6: Diagram Alir Program Arduino



Gambar 3.7: Sensor Node



Gambar 3.8: Isi dari Sensor Node

Berdasarkan diagram alir pada gambar 3.6, Alur kerja program Arduino dimulai dengan aktivasi ESP8266 sebagai modul pengirim data. Ketika ESP8266 sudah aktif dan siap untuk mengirim data, maka sensor dapat merekam nilai kadar CO. Setelah angka sensor di dapatkan, aktivasi GPS dimulai. Jika GPS aktif, maka GPS dapat merekam data koordinat lokasi pada titik dimana GPS itu berada. Jika GPS non aktif, maka data yang direkam adalah data koordinat lokasi yang sebelumnya (jika tidak ada, nilai 0). Kemudian data nilai sensor dan data koordinat lokasi dikirim ke database. Program ini akan terus berjalan (looping) hingga koneksi jaringan GPRS/3G terputus.

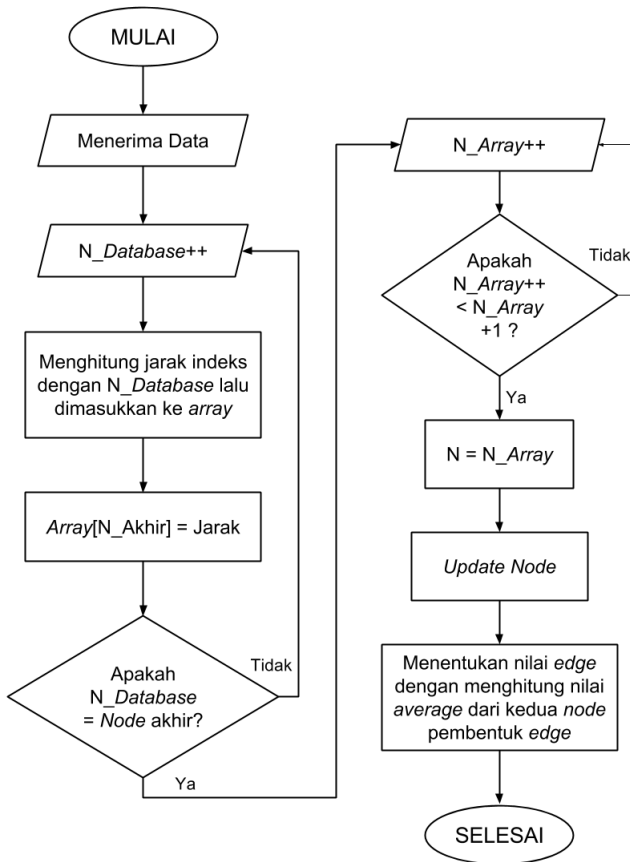
### **3.2.2 Pengelompokkan Data pada Database Server**

Proses pengelompokkan data pada alat ini menggunakan bahasa pemrograman PHP, dengan alur seperti pada gambar diagram alir 3.9. pada diagram alir 3.9, proses dimulai dengan menerima data dari sensor node yang berisi nilai sensor, nilai latitude, dan nilai longitude. Selanjutnya mengambil data latitude dan longitude dari tabel 'node'. Penggunaan formula Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara titik koordinat (latitude dan longitude) yang dikirim oleh sensor node dan seluruh titik koordinat yang ada pada database. Ketika nilai seluruh nilai jarak sudah didapatkan, akan dicari nilai terkecil (jarak terpendek). Node pada database yang memiliki nilai jarak terpendek akan menjadi lokasi penempatan nilai sensor yang dikirim oleh sensor node. Ketika nilai sensor sudah menempati node-node yang terpilih, selanjutnya nilai edge akan dihitung. Nilai edge didapatkan dengan menghitung nilai rata-rata dari nilai sensor pada kedua node pembentuk edge tersebut.

Desain database dapat dilihat pada gambar 3.4. Digunakan dua tabel pada database, yaitu tabel Node dan tabel Edge. Struktur kedua tabel dapat dilihat di tabel 3.1 dan 3.2 yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Data sensor dan titik koordinat lokasi dari Sensor Node selanjutnya akan dikirim ke Database dan dikelompokkan sesuai node yang sudah ditentukan.

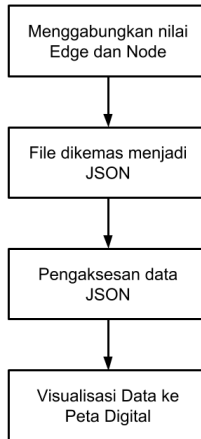




Gambar 3.9: Diagram Alir Program PHP

### 3.2.3 Visualisasi Data oleh Peta Digital

Proses pembangunan visualisasi data berbentuk peta digital ini menggunakan Google Maps API sebagai sumber tampilannya. Untuk merealisasikan visualisasi data sesuai desain yang telah ditentukan, maka dilakukan proses pembangunan seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.10: Proses Pembangunan Peta Digital

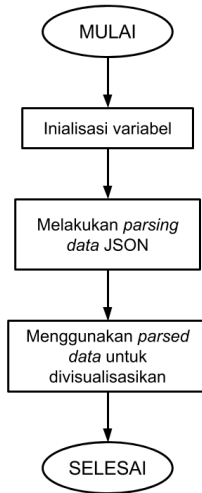
Langkah awal pembangunan adalah menggabungkan seluruh nilai edge dan node yang terdapat di database kedalam sebuah file PHP, dimana struktur nilai output nya berbentuk JSON. Format data JSON tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4: Struktur JSON

1	2	3	4	5	6
ID Edge	Nama Node	Latitude	Longitude	Jarak	Nilai kadar CO

Pada tabel 3.4, terdapat data ID Edge, Nama Node, Koordinat Node (latitude dan longitude), jarak, dan index.

Setelah itu dibangun sebuah file HTML dengan fungsi javascript untuk melakukan parsing data pada JSON, proses pengerjaan dapat diketahui pada gambar 3.11.

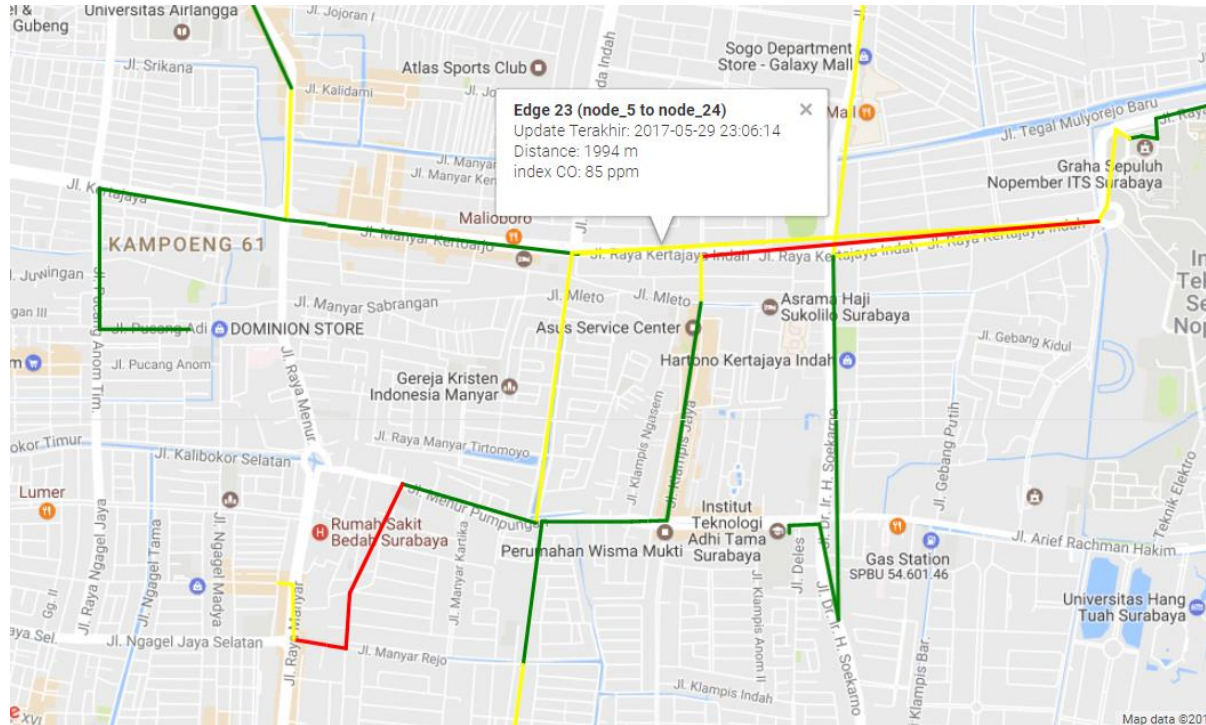


Gambar 3.11: Alur Kerja file HTML

Pembuatan marker dan polyline terdapat pada langkah visualisasi data ke peta digital, dimana pada langkah ini dimasukkan parameter untuk warna pada polyline, sesuai dengan parameter pada tabel 3.3. Hasil pembangunan visualisasi data dapat dilihat pada gambar 3.12

Penjelasan mengenai tampilan dari visualisasi data adalah sebagai berikut:

1. Terdapat polyline (garis jalan/edge) yang merupakan penghubung antara 2 node. Lokasi edge dan node sudah ditetapkan sebelumnya pada database
2. Warna pada polyline/edge tergantung pada nilai kadar CO yang ada pada database. Warna yang ditampilkan sesuai dengan parameter yang ditetapkan sesuai pada tabel 3.3
3. Keterangan pada setiap polyline/edge terdiri dari Nama Edge, Node a, Node b, update terakhir, nilai jarak, dan angka kadar CO



Gambar 3.12: Hasil Peta Digital

## **BAB 4**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pada bab ini pengujian yang dilakukan antara lain adalah; pengujian alat sensor, pengujian perangkat GPS, pengujian metode yang digunakan, pengujian proses kerja sistem yakni pada sensor node, database server, dan visualisasi data.

#### **4.1 Pengujian Perangkat yang Digunakan**

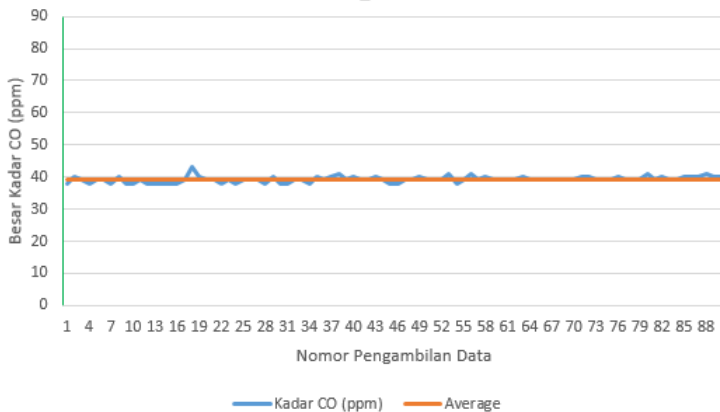
Pada penelitian ini, dilakukan pengujian pada perangkat yang digunakan dalam sensor node yakni sensor CO dan GPS. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai akurasi dari perangkat yang digunakan.

##### **4.1.1 Pengujian Alat Sensor**

Pada pengujian alat sensor, dilakukan pengambilan data di tiga tipe tempat yakni pada ruang tertutup, pada knalpot, serta pada jalan umum.

##### **1. Pengujian Sensor pada Ruang Tertutup**

Pada bagian ini, pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor node didalam sebuah ruangan tertutup selama 16 menit (88 kali pengambilan data). Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah pada ruang tertutup sensor dapat memberikan hasil dibawah 50 ppm, sesuai dengan standar kadar karbon monoksida pada ruangan yang ditentukan oleh OSHA. Hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.1. Nilai minimum, nilai rata-rata, serta nilai maksimum pada hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.



Gambar 4.1: Grafik nilai CO pada Ruangan Tertutup

Tabel 4.1: Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Ruangan Tertutup

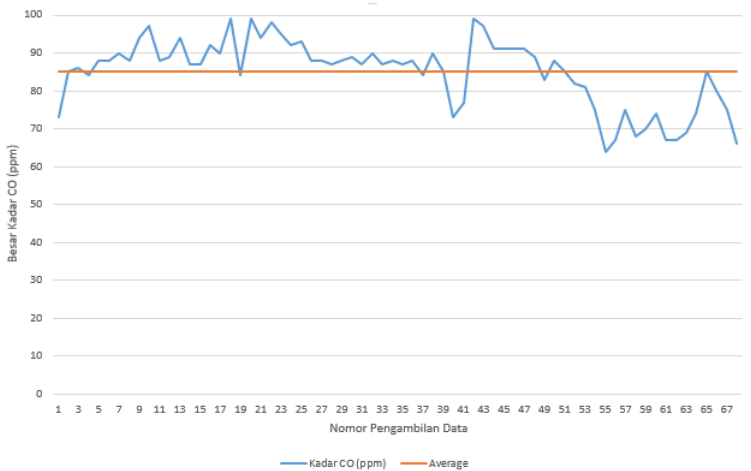
Nilai	Kadar CO (ppm)
Minimum	38
Rata-rata	39
Maksimum	43

Dari grafik pengujian 4.1 dapat diketahui bahwa nilai kadar CO terendah pada ruangan tertutup adalah sebanyak 38 ppm. Nilai rata-rata kadar CO adalah sebanyak 39 ppm. Sementara nilai tertinggi adalah sebanyak 43 ppm. Dari hasil pengujian ini, nilai sensor CO pada ruangan tertutup terhitung seluruhnya dibawah nilai 50 ppm, sehingga dapat dikatakan baik.

## 2. Pengujian Sensor pada Knalpot

Pengambilan data CO menggunakan sensor pada knalpot dilakukan selama 15 menit. Hasil pengujian mengeluarkan data sebanyak 69 data. Hasil dari kadar CO dalam bentuk grafik tertera pada gambar 4.2. Nilai minimum, rata-rata, serta

maksimum dari data kadar CO yang didapat tertera pada tabel 4.2.



Gambar 4.2: Grafik nilai CO pada Knalpot

Tabel 4.2: Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Knalpot

Nilai	Kadar CO (ppm)
Minimum	64
Rata-rata	85
Maksimum	99

Dari grafik pengujian 4.2 dapat dilihat bahwa nilai kadar CO terendah pada knalpot adalah sebanyak 64 ppm. Nilai rata-rata kadar CO pada knalpot adalah sebanyak 85 ppm. Sementara nilai tertinggi adalah sebanyak 99 ppm.

### 3. Pengujian Sensor pada Jalan Umum

Pada pengujian kali ini, dilakukan pengujian pada dua tipe jalan yang saling terhubung, yakni sebuah jalan yang padat kendaraan (ramai) dan sebuah jalan di perumahan (sepi). Sensor

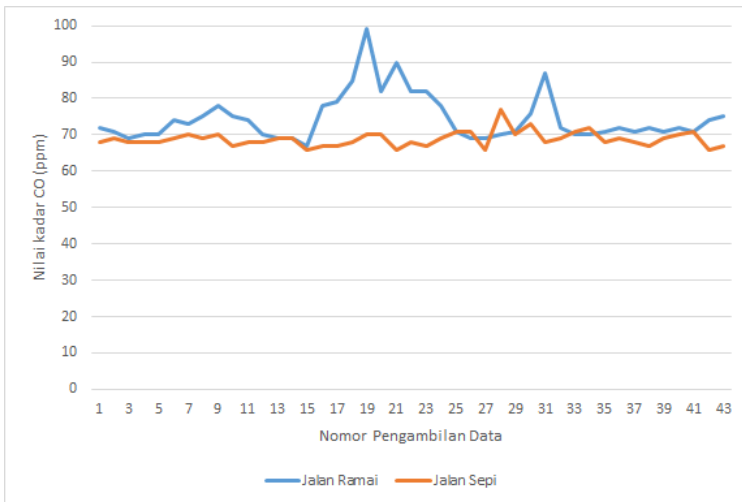
Node diletakkan diatas sebuah mobil, lalu mobil tersebut berjalan pada dua tipe jalan yang telah ditentukan dengan kecepatan 10 km/h.

Tujuan dilakukannya pengujian pada dua tipe jalan yang berbeda ini adalah untuk melihat apakah ada perbedaan angka pada dua tipe jalan tersebut. Nilai rata-rata kadar CO pada jalan yang padat kendaraan pada dasarnya akan memiliki nilai kadar CO yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan di perumahan. Pengambilan data dilakukan sebanyak 43 kali pada masing-masing jalan. Hasil pengujian pada bagian ini dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.3: Pemasangan Sensor Node pada sebuah Mobil





**Gambar 4.4:** Grafik Hasil Kadar CO pada Jalan Ramai dan Jalan Sepi

Pada grafik 4.4, dapat diketahui perbedaan nilai kadar CO yang tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan dua tipe jalan tersebut terhubung dengan perbedaan jarak sangat kecil, sehingga perbedaan hasil data nya kecil pula.

**Tabel 4.3:** Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Jalan Ramai

Nilai	Kadar CO (ppm)
Minimum	67
Rata-rata	74.5
Maksimum	99

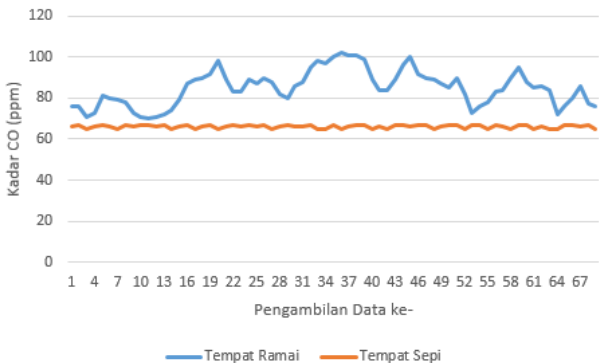
Dari tabel 4.3 dapat diketahui bahwa nilai kadar CO terendah pada jalan ramai adalah sebanyak 67 ppm. Nilai rata-rata kadar CO pada jalan ramai adalah sebanyak 74.5 ppm. Sementara nilai tertinggi adalah sebanyak 99 ppm.

Tabel 4.4: Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Jalan Sepi

Nilai	Kadar CO (ppm)
Minimum	66
Rata-rata	68.8
Maksimum	77

Berdasarkan tabel 4.4 dapat diketahui bahwa nilai kadar CO terendah pada jalan sepi adalah sebanyak 66 ppm. Nilai rata-rata kadar CO pada jalan sepi adalah sebanyak 68.8 ppm. Sementara nilai tertinggi adalah sebanyak 77 ppm.

Selanjutnya, dilakukan pengujian pada jalan sepi dan jalan ramai dalam kondisi diam (mobil tidak berjalan). Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada grafik 4.5



Gambar 4.5: Grafik Hasil Kadar CO pada Jalan Ramai dan Jalan Sepi dalam Kondisi Diam

**Tabel 4.5:** Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Jalan Sepi dalam Keadaan Diam

Nilai	Kadar CO (ppm)
Minimum	65
Rata-rata	66
Maksimum	67

Berdasarkan grafik 4.6, dapat diketahui pula bahwa nilai kadar CO terendah pada jalan ramai dalam keadaan diam adalah sebanyak 70 ppm. Nilai rata-rata kadar CO pada jalan sepi adalah sebanyak 85 ppm. Sementara nilai tertingginya adalah sebanyak 102 ppm. Hasil ini dapat diketahui pula pada tabel 4.6

**Tabel 4.6:** Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Kadar CO pada Jalan Ramai dalam Keadaan Diam

Nilai	Kadar CO (ppm)
Minimum	70
Rata-rata	85
Maksimum	102

Dari hasil pengujian ini, nilai sensor CO pada jalan ramai lebih tinggi dibandingkan dengan jalan sepi. Selain itu, nilai sensor CO yang didapat pada saat kondisi sedang berjalan dan pada kondisi diam tidak memiliki perbedaan yang signifikan, sehingga dapat dikatakan baik.

## 4.1.2 Pengujian Perangkat GPS

Pada pengujian ini, dilakukan perbandingan antara nilai latitude dan longitude yang didapatkan oleh perangkat GPS yang digunakan didalam sensor node dan Google Maps pada satu titik lokasi yang sama. Pengujian ini dilakukan untuk melihat nilai galat dari perangkat GPS yang digunakan didalam sensor node, jika dibandingkan dengan GPS dari Google Maps yang sudah memiliki tingkat ke-akuratan yang tinggi.

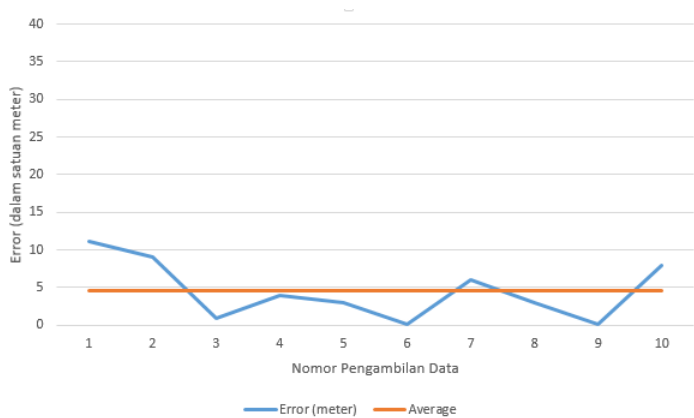
Pada tabel 4.7, terdapat daftar angka latitude dan longitude dari perangkat GPS serta angka latitude dan longitude dari Google

Tabel 4.7: Latitude dan Longitude dari GPS dan Google Maps yang digunakan sebagai Perbandingan

No	Lat, Lng GPS		Lat, Lng Google Maps
1	-7.279898 , 112.79745	Dibandingkan dengan	-7.279909 , 112.797459
2	-7.285189 , 112.79678		-7.285125 , 112.796857
3	-7.283435 , 112.79971		-7.283495 , 112.799706
4	-7.277771 , 112.79762		-7.277711 , 112.797629
5	-7.278428 , 112.79651		-7.278455 , 112.796522
6	-7.279628 , 112.79492		-7.279626 , 112.794915
7	-7.284339 , 112.79718		-7.284286 , 112.797221
8	-7.286133 , 112.79588		-7.286078 , 112.795897
9	-7.287777 , 112.7932		-7.287729 , 112.79308
10	-7.293232 , 112.80505		-7.293162 , 112.805048

Maps. Angka-angka tersebut adalah hasil dari pengambilan angka latitude dan longitude pada satu titik yang sama.

Pada gambar 4.6, terdapat grafik nilai galat antara latitude dan longitude dari GPS yang digunakan pada sensor node dan GPS Google Maps (tabel 4.7).



Gambar 4.6: Grafik Nilai Galat (satuan meter) dari Perangkat GPS dibandingkan dengan Google Maps (10 kali perbandingan)

Tabel 4.8: Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Galat pada perangkat GPS yang digunakan

Nilai	Galat (m)
Minimum	0.1
Rata-rata	4.5
Maksimum	11.09

Berdasarkan tabel 4.8 dapat diketahui bahwa nilai galat GPS terendah adalah sepanjang 0.1 meter. Nilai rata-rata galat GPS adalah sepanjang 4.5 meter. Sementara nilai tertinggi adalah sebanyak 11.09 meter. Dari hasil pengujian ini, nilai rata-rata galat pada GPS yang digunakan bernilai dibawah 10 meter dan nilai tertinggi bernilai dibawah 15 meter, maka dari itu dapat dikatakan baik.

**4.2 Pengujian Metode Perhitungan Nilai Edge**

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur akurasi keberhasilan metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai edge pada sensor node, yakni menghitung nilai rata-rata dari kedua nilai node yang membentuk edge tersebut. Pada bagian ini, dilakukan pengambilan nilai kadar CO pada beberapa titik dari sebuah edge, yang kemudian di bandingkan dengan nilai edge itu sendiri, yakni nilai rata-rata dari kedua node pembentuk edge tersebut, node i dan node j. Contoh dari pengujian pada sebuah edge dengan nomor ID 3 dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian pada Edge dengan nomor ID 3

Edge ID	Nilai Sensor pada n-...	Nilai pada Node i	Nilai pada Node j	Rata-Rata Node ij	Galat
Edge 3	110	110	112	111	0.909%
	110	110	112	111	0.909%
	112	110	112	111	0.893%

Berdasarkan 4.9, nilai sensor pada 3 kali pengambilan data sensor pada edge 3 dibandingkan dengan nilai rata-rata node i dan node j, yakni nilai edge itu sendiri untuk mendapatkan besar nilai galat pada metode yang digunakan.

Selain pada edge dengan nomor ID 3, pengujian dilakukan pada 4 edge lainnya yakni edge bernomor ID 5, 6, 31, dan 51. Besar nilai rata-rata galat dapat diketahui pada tabel 4.10.

Tabel 4.10: Besar nilai galat pada edge yang diuji

Edge ID	Galat
Edge 3	0.904%
Edge 5	0.793%
Edge 6	1.679%
Edge 31	1.226%
Edge 51	1.970%

Berdasarkan tabel 4.10, dapat diketahui nilai rata-rata galat pada edge bernomor ID 3, 5, 6, 31, dan 51. Dari kelima nilai galat tersebut, didapatkan nilai rata-rata galat sebesar 1.314%. Dengan nilai rata-rata galat pada metode yang digunakan untuk mencari nilai edge relatif kecil sebesar 1.314%, metode untuk mencari nilai edge dengan menghitung nilai rata-rata pada kedua nilai node yang membentuk edge tersebut dapat digunakan.

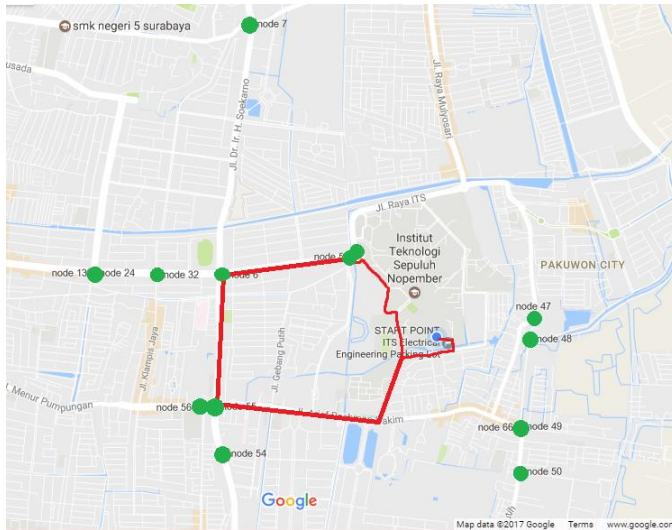
### 4.3 Pengujian Proses pada Sensor Node

Pada bagian ini, akan dilakukan pengujian untuk memastikan sensor node melakukan pengambilan data sensor dan GPS serta pengiriman data sensor dan GPS ke database.

Pengujian proses pada sensor node dilakukan dengan memasang alat sensor node diatas kendaraan bermotor, lalu menjalankan kendaraan tersebut dengan status sensor node yang aktif secara bersamaan. Jalur berwarna merah pada gambar 4.7 adalah jalur yang digunakan saat pengujian berlangsung, dan seluruh marker node yang terlihat disekitarnya (berwarna hijau) adalah marker node yang terlibat dalam proses sensor node. Seluruh marker node yang di ekspektasi terdeteksi, telah terdeteksi sepenuhnya. Daftar marker node yang terdeteksi dapat diketahui pada tabel 4.11.

### 4.4 Pengujian Proses Pada Database Server

Pengujian pertama yakni tabel node pada proses pada database dilakukan untuk memastikan apakah data yang direkam berhasil



Gambar 4.7: Node yang terdeteksi pada pengujian Sensor Node

Tabel 4.11: Daftar Node yang Terdeteksi

Node ID yang Terdeteksi	
Node 4	Node 32
Node 5	Node 47
Node 6	Node 48
Node 7	Node 49
Node 13	Node 50
Node 24	Node 54
Node 55	Node 56

terolah sesuai dengan metode yang digunakan, yakni menggunakan metode Haversine dan pencarian nilai jarak terkecil. Pada proses pengujian ini, metode yang digunakan sudah bekerja dengan baik, sesuai pada tabel 4.12. Angka-angka yang terlihat pada masing-masing node adalah angka yang terekam dari hasil metode Haversine dan pencarian nilai jarak terkecil.

Tabel 4.12: Pencarian Jalur Terpendek pada Setiap Node

Node			Sensor		Jarak
Node ID	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
1	-7.276558	112.791504	-7.276524	112.791655	17 m
			-7.276271	112.790886	100 m
			-7.276792	112.791073	67 m
2	-7.276642	112.79108	-7.276524	112.791655	67 m
			-7.276271	112.790886	53 m
			-7.276792	112.791073	17 m
3	-7.276352	112.790605	-7.276524	112.791655	130 m
			-7.276271	112.790886	32 m
			-7.276792	112.791073	84 m

Pada tabel 4.12, terdapat tiga sampel Node ID yang sudah memiliki nilai Latitude dan Longitude yang tetap. Seluruh Nilai Node ID tersebut adalah nilai-nilai yang telah ditetapkan didalam Database. Ketika Database menerima data titik lokasi yakni Latitude dan Longitude dari Sensor Node, sistem akan mencari jarak antara titik lokasi dari Sensor Node dan Database. Setelah itu, Node ID yang memiliki jarak terpendek dengan titik lokasi dari Sensor Node akan dipilih, sehingga kadar CO akan masuk kedalam Node ID tersebut.

Pada Node ID nomor 1, Latitude dan Longitude dengan jarak terpendek adalah -7.276524, 112.791655 dengan jarak sepanjang 17 m, sehingga kadar CO pada Latitude dan Longitude tersebut akan masuk kedalam Node ID nomor 1. Pada Node ID nomor 2, Latitude dan Longitude dengan jarak terpendek adalah -7.276792, 112.791073 dengan jarak sepanjang 17 m, sehingga kadar CO pada Latitude dan Longitude tersebut akan masuk kedalam Node ID nomor 2. Pada Node ID nomor 3, Latitude dan Longitude dengan jarak terpendek adalah -7.276271, 112.790605 dengan jarak sepanjang 32 m, sehingga kadar CO pada Latitude dan Longitude tersebut akan masuk kedalam Node ID nomor 3.

Pengujian kedua yakni tabel edge pada proses database dilakukan untuk memastikan apakah data yang tertera pada tabel node berhasil di kalkulasikan sesuai metode rata-rata yang digunakan



dan ditampilkan pada ID node yang bersangkutan. Pada proses pengujian ini, metode yang digunakan sudah terlaksana dengan baik, sesuai pada tabel 4.13. Angka-angka yang terlihat pada kolom Index adalah angka yang terekam dari hasil metode perhitungan nilai rata-rata dari kedua node pembentuk edge tersebut.

Tabel 4.13: Perhitungan Edge menggunakan Metode Nilai Rata-rata Kedua Node Pembentuk Edge

Edge ID	Node a (ppm)	Node b (ppm)	Index (ppm)
1	50	70	60
2	80	90	85
3	76	64	70
4	95	97	96
5	89	81	85

Pada tabel 4.13, terdapat 5 sampel Edge ID dengan pasangan Node a dan Node b, dimana pasangan ini sudah ditentukan dalam Database dan tidak akan bisa berubah. Node a dan Node b merupakan dua node pembentuk edge yang bersangkutan. Kolom Index berisi nilai kadar CO hasil dari perhitungan nilai rata-rata Node a dan Node b dari masing-masing Edge ID.

### 4.4.1 Interval Waktu Pengiriman Data

Pada bagian ini, dilakukan pengujian untuk mengetahui waktu rata-rata jeda pengiriman dari sensor node sebagai pengirim kepada penerima. Pengujian dilakukan dengan melihat perbedaan waktu yang didapat oleh GPS /sensor node sebagai pengirim dan waktu yang didapat oleh Database sebagai penerima. Waktu jeda dihitung dengan cara mengurangi waktu penerimaan data dengan waktu pengiriman data. Pengambilan data dilakukan sebanyak 100 kali.

Tabel 4.14: Waktu dan Tanggal pengiriman data (GPS ) dan penerimaan data (Database)

Tanggal dari GPS	Waktu dari GPS	Tanggal dari Database	Waktu dari Database
28/5/2017	16:00:31	5/28/2017	16:00:36
28/5/2017	16:00:20	5/28/2017	16:00:28
28/5/2017	15:56:44	5/28/2017	15:56:50
28/5/2017	15:56:33	5/28/2017	15:56:38
28/5/2017	15:50:42	5/28/2017	15:50:47
28/5/2017	15:50:07	5/28/2017	15:50:12
28/5/2017	15:45:24	5/28/2017	15:45:29
28/5/2017	15:38:51	5/28/2017	15:38:56
28/5/2017	15:38:40	5/28/2017	15:38:45
28/5/2017	15:38:29	5/28/2017	15:38:34
28/5/2017	15:38:18	5/28/2017	15:38:23

Pada tabel 4.14, terdapat 11 sampel pengujian pengiriman data oleh GPS serta penerimaan data oleh Database. Umumnya, Tanggal dan Waktu yang didapatkan oleh GPS menggunakan satuan UTC (Coordinated Universal Time). Indonesia menggunakan zona waktu (UTC +07:00) sehingga nilai dari Waktu pada GPS tersebut sebelumnya telah ditambah dengan 07:00 oleh sistem.

Tabel 4.15: Nilai Minimum, Rata-rata, dan Maksimum Waktu Pengiriman Data

Nilai	Interval (s)
Minimum	5 detik
Rata-rata	5.8 detik
Maksimum	8 detik

Dari tabel pengujian waktu pengiriman data dapat dilihat bahwa nilai waktu pengiriman terendah adalah selama 5 detik. Nilai rata-rata pengiriman data adalah selama 5.8 detik. Sementara nilai tertingginya adalah selama 8 detik.

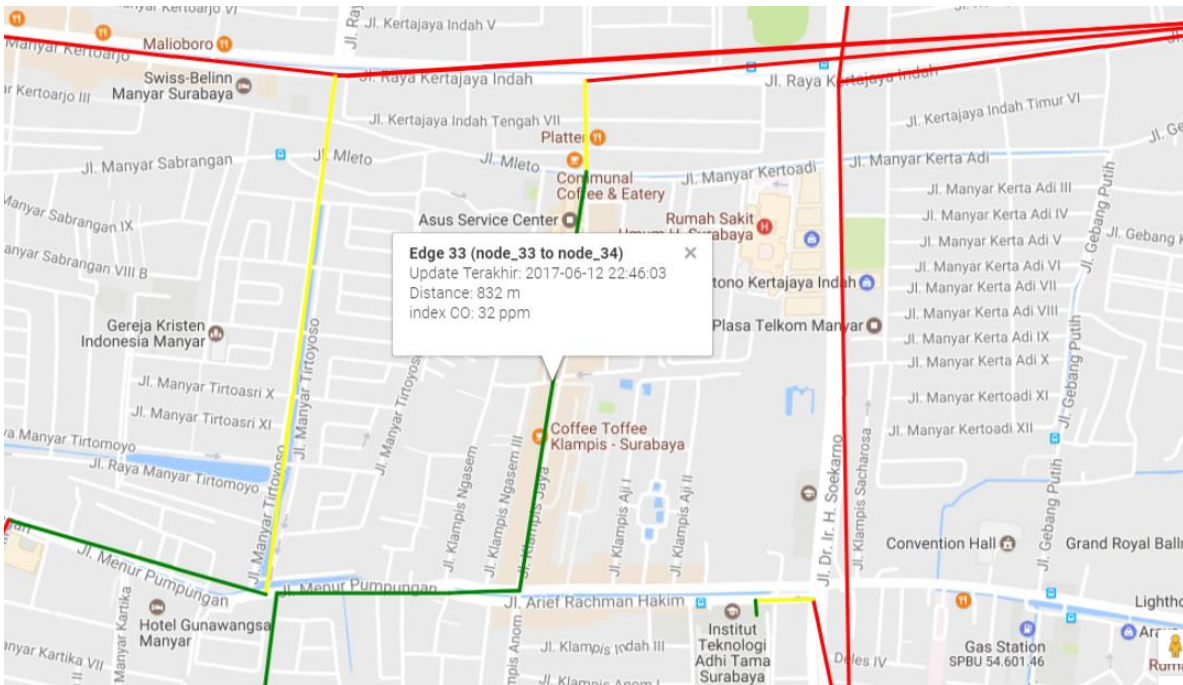
## **4.5 Pengujian Interface Peta Digital**

Pada bagian ini, dilakukan pengujian untuk melihat apakah warna garis yang ditampilkan oleh peta digital sudah sesuai dengan parameter yang ditentukan. Pada pengujian ini, hasil yang didapatkan adalah peta digital sudah berhasil menampilkan sesuai dengan parameter yang ditentukan. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.8, 4.9, dan 4.10.

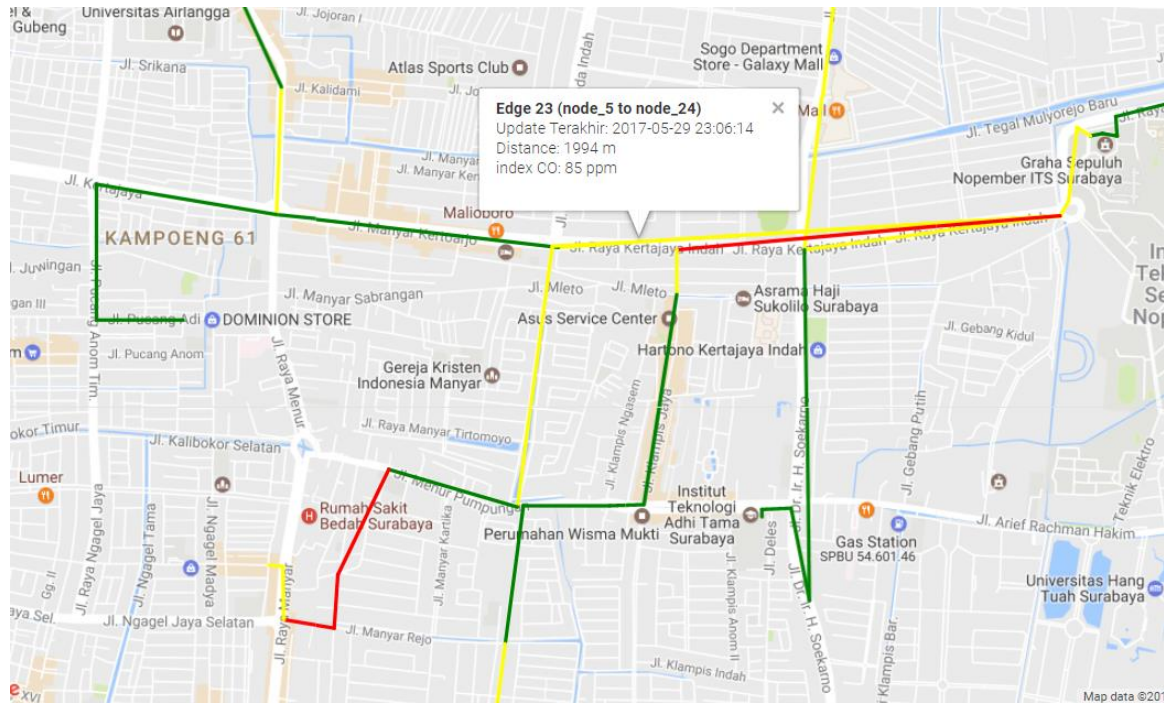
Pada gambar 4.8, terdapat Edge ID nomor 33, yang merupakan garis jalan yang menyambungkan antara 2 titik node, yakni node 33 dan node 34. Pada edge 33 tersebut, kadar CO yang terekam adalah 32 ppm. 32 ppm merupakan angka yang berada di antara parameter 0-50 ppm, sehingga warna yang seharusnya tertera pada polyline adalah warna hijau. Pada pengujian 4.8, warna yang tertera pada polyline adalah warna hijau, sehingga proses penampilan warna polyline sudah benar.

Pada gambar 4.9, terdapat Edge ID nomor 23, yang merupakan garis jalan yang menyambungkan antara 2 titik node, yakni node 5 dan node 24. Pada edge 23 tersebut, kadar CO yang terekam adalah 85 ppm. 85 ppm merupakan angka yang berada di antara parameter 51-100 ppm, sehingga warna yang seharusnya tertera pada polyline adalah warna kuning. Pada pengujian 4.9, warna yang tertera pada polyline adalah warna kuning, sehingga proses penampilan warna polyline sudah benar.

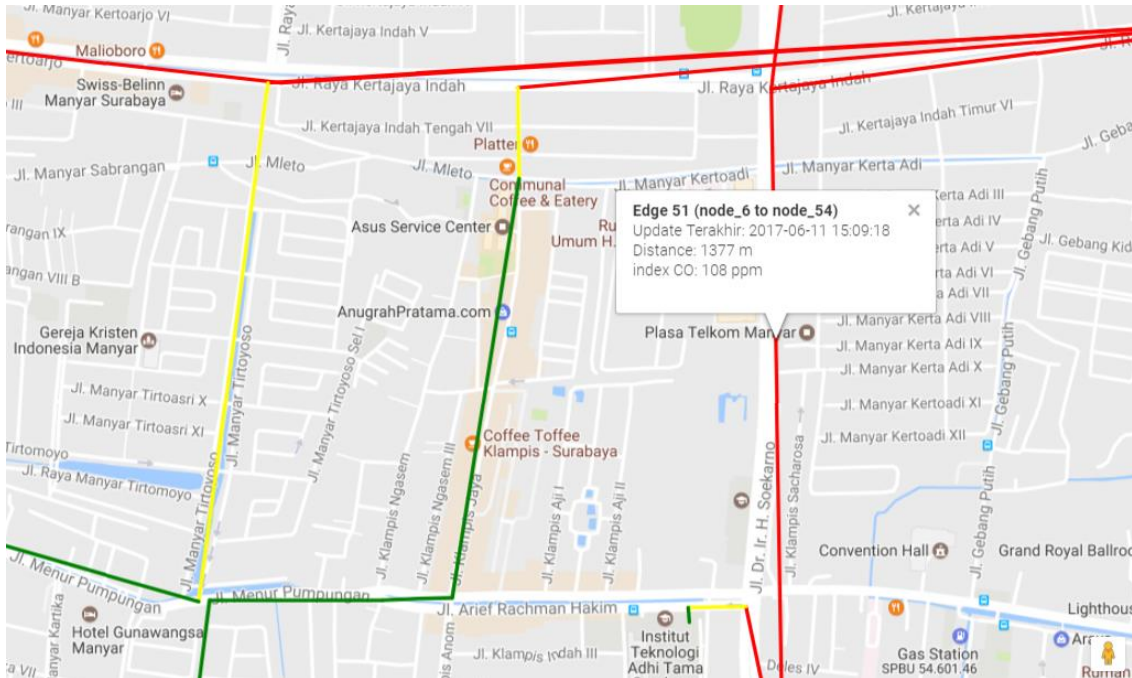
Pada gambar 4.10, terdapat Edge ID nomor 51, yang merupakan garis jalan yang menyambungkan antara 2 titik node, yakni node 6 dan node 54. Pada edge 51 tersebut, kadar CO yang terekam adalah 108 ppm. 108 ppm merupakan angka yang berada di antara parameter 101-500 ppm, sehingga warna yang seharusnya tertera pada polyline adalah warna merah. Pada pengujian 4.9, warna yang tertera pada polyline adalah warna merah, sehingga proses penampilan warna polyline sudah benar.



Gambar 4.8: Polyline dengan kadar CO sebesar 32 ppm Berwarna Hijau



Gambar 4.9: Polyline dengan kadar CO sebesar 85 ppm Berwarna Kuning



Gambar 4.10: Polyline dengan kadar CO sebesar 108 ppm Berwarna Merah

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan:

1. Metode yang digunakan untuk perhitungan hasil nilai sensor pada setiap edge memiliki nilai ketepatan sebesar 98.68%.
2. Proses transmisi data oleh sensor node menuju database server mengalami interval waktu rata-rata sebesar 5,8 detik. Kondisi ini dapat diterima karena pada dasarnya proses transmisi data tidak memerlukan ketepatan waktu pengiriman yang sangat akurat.
3. Visualisasi data sudah dapat menampilkan warna pada polylines (hijau, kuning, merah) sesuai dengan parameter angka kadar karbon monoksida yang sudah ditetapkan.

#### **5.2 Saran Untuk Penelitian Selanjutnya**

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Sensor Node dibangun dengan fitur anti air sehingga dapat digunakan saat musim hujan.
2. Marker Node diperbanyak supaya nilai edge dapat lebih akurat, dengan demikian visualisasi data dapat menjadi lebih akurat pula.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Numbeo, “Pollution Index 2017”  
<https://www.numbeo.com/pollution/rankings.jsp>.  
Diakses pada: 2017-05-08. (Dikutip pada halaman 1)
- [2] H. Ratnawati, W. Widowati, E. Gunawan. “Hubungan antara Kadar Karbon Monoksida (CO) Udara dan Tingkat Kewaspadaan Petugas Parkir di Tiga Jenis Tempat Parkir” JKM. Vol.10 No.1 Juli 2010:10-17. (Dikutip pada halaman 1, 6)
- [3] Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Indonesia. 1998. “Pedoman Teknis Perhitungan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara”. (Dikutip pada halaman 5)
- [4] Occupational Safety and Health Administration, “OSHA Fact Sheet”  
[https://www.osha.gov/OshDoc/data\\_General\\_Facts/carbonmonoxide-factsheet.pdf](https://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/carbonmonoxide-factsheet.pdf). Diakses pada: 2017-05-08. (Dikutip pada halaman 6)
- [5] Robots Big Data “Arduino Uno”.  
<http://robotbigdata.com/>. Diakses pada: 2017-06-14. (Dikutip pada halaman 7)
- [6] E. Nebath, D. Pang ST. MT., J. O. Wuwung ST. MT. (2014). “Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO dan CO2 di Lingkungan Industri” E-Journal Teknik Elektro dan Komputer Universitas Sam Ratulangi 2014, ISSN : 2301-8402. (Dikutip pada halaman 7)
- [7] Senith, “MQ-7 Sensor”  
<http://www.senith.lk/shop/item/1078/carbon-monoxide-mq7-sensor>. Diakses pada: 2017-06-14. (Dikutip pada halaman 7)

- [8] Yuliansyah, Harry. (2016). "Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture". ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Volume 10, No. 2, Mei 2016. (Dikutip pada halaman 9)
- [9] ESP8266. "ESP-8266" <https://esp8266.ru/image-sitemap-1.xml>. Diakses pada: 2017-06-14. (Dikutip pada halaman 8)
- [10] M. Azzahra. (2016). "Implementasi Modul GPS Pada Sistem Tracking Bus Rapid Transit Lampung Menuju mart Transportation" Universitas Lampung. (Dikutip pada halaman 8)
- [11] Senith, "GPS Module" <http://www.senith.lk/shop/item/1121/ublox-neo-6m-gps-module>. Diakses pada: 2017-06-14. (Dikutip pada halaman 9)
- [12] K. D. Shiv, "GPS Segments" <https://shivkumardas.files.wordpress.com/2013/07/segments-of-gps.jpg>. Diakses pada: 2017-06-14. (Dikutip pada halaman 13)
- [13] Mio Technology, "Trilateration" <http://www.mio.com/technology-trilateration.htm>. Diakses pada: 2017-06-14. (Dikutip pada halaman 13, 14)
- [14] Learner org, "Latitude and Longitude" <http://www.learner.org/jnorth/tm/LongitudeIntro.html>. Diakses pada: 2017-06-14. (Dikutip pada halaman 15)
- [15] Wikipedia, "Haversine formula." [https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine\\_formula](https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula). Diakses pada: 2017-06-14. (Dikutip pada halaman 16)

- [16] Afrilia Pasha (2011). “Simulasi Dispersi Gas Karbon Monoksida dalam Gardu Tol Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)” Jurnal Departemen Geofisika dan Meteorologi Institut Pertanian Bogor. (Dikutip pada halaman 6).
- [17] Nanda Rezki, Meqorry Yusfi, M.Si., Dodon Yendri, M.Kom (2014). “Rancang Bangun Prototipe Pengurang Bahaya Gas Polutan Dalam Ruangan Dengan Metode Elektrolisis Berbasis Mikrokontroler” Journal Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang. (Dikutip pada halaman 7)
- [18] Hanwei Electronics, “MQ-7 Datasheet” <http://www.hanweisensor.com>. Diakses pada: 2017-07-25. (Dikutip pada halaman 10)
- [19] Eric Gakstatter, “NMEA Data” <http://gpsworld.com/what-exactly-is-gps-nmea-data/>. Diakses pada: 2017-07-26. (Dikutip pada halaman 10)

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BIOGRAFI PENULIS**



Nadhira Fidelia, lahir pada 1 Oktober 1996 di Jakarta, Indonesia. Penulis lulus dari SMP Labschool Kebayoran dan SMA Negeri 6 Jakarta. Pada tahun 2013, Penulis kemudian melanjutkan pendidikan strata satu di Departemen Teknik Komputer ITS Surabaya. Selama masa perkuliahan, penulis aktif menjadi Asisten Laboratorium B401 (Komputasi Multimedia), Koordinator Talk Show Event ITS EXPO 2015 dan Staf

Kementerian Hubungan Luar BEM ITS 2015/2016. Penulis juga aktif dalam mengikuti beberapa program pelatihan kepemimpinan seperti XL Future Leaders yang diadakan oleh XL Axiata, dan program Young Leaders for Indonesia yang diadakan oleh McKinsey & Company. Pada tahun 2015, penulis sempat meraih Juara 1 pada ajang kompetisi Asian Engineering Student Network - Project Presentation yang diadakan oleh Fakultas Teknik Universitas Chulalongkorn di Bangkok, Thailand. Penulis sangat tertarik dengan segala hal yang berhubungan dengan Internet of Things dan Strategi Bisnis.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*